



Kandidatarbeten i skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap

2014:24

Simulering av kötider för en alternativ trucklösning vid Holmens kombinat i Iggesund

*Simulation of queueing times for an alternative
unloading solution at the integrated mill in Iggesund*



Sofia Wahlström Bergstedt och Elin Kollberg

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Kandidatarbete i skogsvetenskap, 15 hp,
Handledare: Dag Fjeld

Program:Jägmästarprogrammet

Kurs:EX0592 Nivå:G2E

SLU, Inst för Skogens biomaterial och teknologi
Examinator: Tommy Mörling, SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel

Umeå 2014



Kandidatarbeten i Skogsvetenskap

Fakulteten för skogsvetenskap,
Sveriges lantbruksuniversitet

Enhet/Unit	Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ <i>Department of Forest Ecology and Management</i>
Författare/Author	Sofia Wahlström Bergstedt och Elin Kollberg
Titel, Sv	Simulering av kötider för en alternativ trucklösning vid Holmens kombinat i Iggesund
Titel, Eng	<i>Simulation of queueing times for an alternative unloading solution at the integrated mill in Iggesund</i>
Nyckelord/ Keywords	Händelsestyrd simulering, Sågverk, Massabruk, Kötider, <i>Lossning/Discrete Event Simulation, Sawmill, Pulpmill, Queueing times, Unloading</i>
Handledare/Supervisor	Dag Fjeld Institutionen för skogens biomaterial och Teknologi/ <i>Department of forest technology and biomaterial.</i>
Examinator/Examiner	Tommy Mörling Institutionen för skogens ekologi och skötsel/ <i>Department of Forest Ecology and Management</i>
Kurstitel/Course	Kandidatarbete i skogsvetenskap Bachelor Degree in Forest Science
Kurskod	EX0592
Program	Jägmästarprogrammet
Omfattning på arbetet/	15 hp
Nivå och fördjupning på arbetet	G2E
Utgivningsort	Umeå
Utgivningsår	2014

Förord

Vi vill tacka Jonas Auselius och Holmen AB som försåg oss med frågeställning och datamaterial. Stort tack till Dag Fjeld för all hjälp och stöd under arbetet.

Umeå april 2014

Elin Kollberg och Sofia Wahlström Bergstedt

Sammanfattning

Dagens låga lagervolymer vid industrierna har inneburit högre krav på transportstyrningen av ankommande virke för att säkerhetsställa en kontinuerlig råvaruförsörjning. Kombinatet i Iggesund, som är en del av Holmen AB, har sett potential att effektivisera sin vedhantering vid det massabruk samt sågverk som utgör kombinatet. Vedhanteringen är idag tydligt separerad mellan massabruk och såg. Studiens syfte var att kvantifiera effekten av ett samarbete med vedhanteringen mellan massabruk och såg samt en förändring i lossningsresurser med avseende på relativa kötider för virkesfordon som ankommer till kombinatet. Med händelsestyrd simulering skapades en modell över kombinatet. Resultatet visade att en förändring i kötider för anländande virkesfordon inträffar vid en omfördelning och effektivisering av truckresurserna vid kombinatet.

Nyckelord: Händelsestyrd simulering, Sågverk, Massabruk, Kötider, Lossning

Abstract

Today's low stock at the mills has meant greater demands on transport management of inbound timber to back set a continuous consumption. Integrated mill in Iggesund, part of Holmen AB, has seen the potential to streamline its wood processing at the mill and sawmill that is part of the integrated mill. Wood handling is separated from the pulp- and sawmill. The study aimed to quantify the effect of collaboration with timber handling between the pulp- and sawmill as well as a change in unloading resources with regard to the relative waiting times for trucks that arrives at the integrated mill. With discrete event simulation a model was created. The results showed that a change in queueing times for arriving trucks occurs at a redeployment and streamlining of unloading resources at the integrated mill.

Keywords: Discrete Event Simulation, Sawmill, Pulpmill, Queueing times, Unloading

Inledning

Bakgrund

Virkesförsörjningen i Sverige till industrierna har utvecklats över tiden. Förr ankom virke till mottagningsplatserna via flottning. Lagernivåerna kunde därför under vissa perioder på året bli mycket stora. Många mottagningsplatser för det ankommande virket krävdes därigenom som med dagens mått hade en låg kapacitet för att hantera virket. Strukturutveckling har resulterat i högre kapaciteten per mottagning vilket i sin tur kräver en effektivisering av resurserna inom industrin.

Teknikutvecklingen och nya typer av transportsystem har lett till att styrningen av virkesleveranser blivit mer detaljerad angående tidpunkt och levererade volymer för att uppfylla behovet hos industrin. Såg och massabruken har idag relativt få mottagningsplatser med en hög kapacitet. Vedlagret hålls på en jämn nivå för att förhindra kostsamma störningar i produktionen, i förhållande till när virket transporterades via flottleder (Stridberg & Mattsson, 1980; Utterström, 1985).

Möjlig förändring av virkesmottagning vid Holmens kombinat i Iggesund

Vid Iggesund i Hälsingland ligger ett av Holmens kombinat. Sågverket startades 1990 och producerar snickerivirke enbart av tall. Råvaran kallas "Hälsingefuran" och är ett kvalitetsbegrepp. Klimatet i Hälsingland skall ge tallen de egenskaper som snickerierna efterfrågar så som tätvuxen ved med hög andel kärnved. Massabrukets anor skall enligt Holmen sträcka sig så långt tillbaka som till år 1685. Idag är Iggesund Paperboard en av Europas största tillverkare av färskfiberbaserad kartong tillverkad av kemisk massa av löv och barrved. Exempel på användningsområden för kartong från bruket är förpackningar till parfym, choklad och cigaretter.

Till Iggesund anländer virkesfordon som skall lossas av kombinatets lossningstruckar innan de kan lämna industrin. Sågverket och massabruket har idag varsin organisation för vedhantering med truck. De organisationerna är tydligt separerade från varandra. Samtidigt finns vissa fysiska barriärer mellan de två enheterna. Det finns en fråga om ett utökat samarbete mellan de två truckorganisationerna och förändringar i lossningsresurser påverkar kötiderna för ankommande virkesfordon inne på kombinatet. Både truckresurser och virkesfordon bär kostnader kopplat till hantering av ved vid industrin och därför eftersträvas att arbetet kring vedhantering fungerar effektivt sett till totalkostnaden.

Metoder för idigare studier av flöden inom och till industri

Arnäs (2003) visade i en studie att händelsestyrd simulering är ett förmånligt verktyg då transportsystem och tillverkningsindustrier skall efterliknas. Studien fastslår att denna typ av simulering är en kraftfull metod för att utvärdera alla typer av system på grund av dess formbarhet, tydliga visualisering av komplexa system och överblickbarhet över den studerade industrins struktur.

Händelsestyrd simulering, Discrete Event Simulation (DES), används för att spåra enskilda enheter och systemet ändras endast när en händelse sker. En händelse kan till exempel vara en produkt eller en del av en produkt som skall hanteras i olika steg i industrin. ExtendSim User Guide (2007) visar hur modeller i programmet kan byggas upp av olika typer av block. Varje typ av block har egna standardinställningar för vad som sker när en händelse passerar blocket.

Blocket kan i viss mån modelleras efter vad som efterfrågas. Vid en simulering kan de inkommande enheterna animeras för att ge en tydlig överblick av det programmerade flödet. Tidigare studier beträffande användandet av händelsestyrd simulering inom terminaler och dess hantering och mottagning av råvaror är knappa. Dogan, McClain och Wicklund (1996) använde sig av händelsestyrd simulering för att genom olika alternativa trucklösningar fastställa vilken kombination inom flödet i sågverket som maximerade vinsten och samtidigt gav bäst kvalitet på stockarna.

I en studie av Poudziunas och Fjeld (2008) granskades timmerflödet vid ett Litauiskt sågverk med fokus på flaskhalsar som lossning och sorteringsmomenten. Studien utfördes med hjälp av händelsestyrd simulering. Genom att modellera hur sågverket hanterade inkommande volymer vid studiens utgångspunkt och därefter simulera alternativa scenarier för planerade leveranser kunde resultat jämföras. I en studie av Beaudoin, LeBel och Soussi (2013) undersöktes genom händelsestyrd simulering tre olika scenarier för köstrategier inom en sågverksterminal. Syftet var att minska kötiden för inkommande virkesfordon samt visa på vilken strategi som ger mest utnyttjande av de befintliga truckresurserna. Det finns ett behov att utveckla en modell för att kunna analysera effekten av påverkan på kötider inför lossning vid en förändring och en omfördelning av truckresurser.

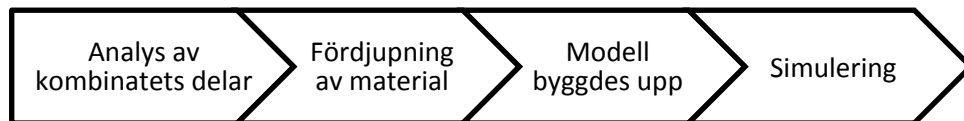
Syfte

Studiens syfte var att genom simulering kvantifiera effekten av en omfördelning i lossningsresurser med avseende på kötider för virkesfordon som ankommer till virkesmottagningen vid kombinatets massabruk och såg.

Material och metod

Studiens utfördes i följande 4 steg.

1. Fördjupande av kombinatets struktur och datamaterialets innehåll inför uppbyggandet av simuleringsmodellen.
2. Virkets väg kartlades från ankomst med virkesfordon till vidareförädling vid massabruket eller sågverket. Truckresursernas arbetsflöden och virkesfordonens rörelser inom kombinatet klargjordes.
3. Modell över kombinatet i simuleringsprogrammet ExtendSim byggdes upp.
4. Simulering av de olika alternativen.



Figur 1. Schematisk bild för en överblick på studiens utförande.

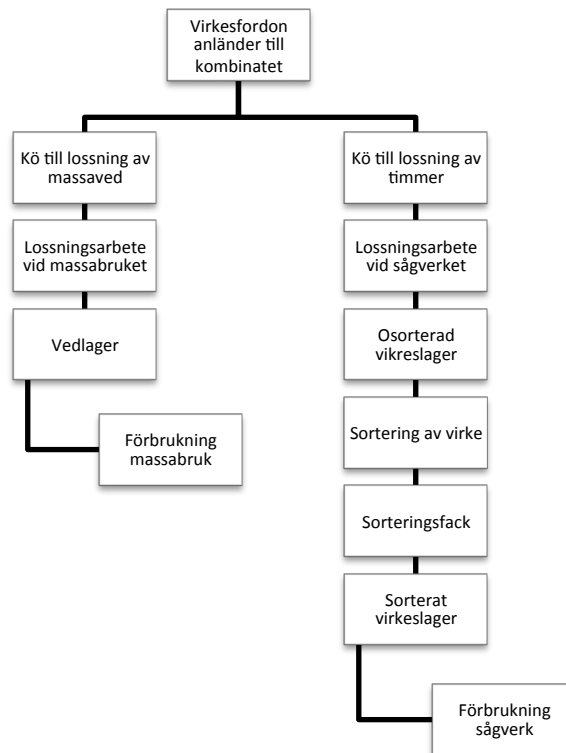
Figure 1. Scematic picture for an overview of the study design.

Beskrivning av kombinatet

Virkesleveranser och lossningstruckarnas arbete på kombinatet byggdes upp som en Discrete Event Simulation i dataprogrammet ExtendSim. Simuleringen användes för att generera statistik över virkesfordonens kötider beroende på tillgänglig lossningskapacitet.

Kombinatets delar

Figur 2 visar en schematisk bild av kombinatet och låg som grund till simuleringsmodellens utseende.

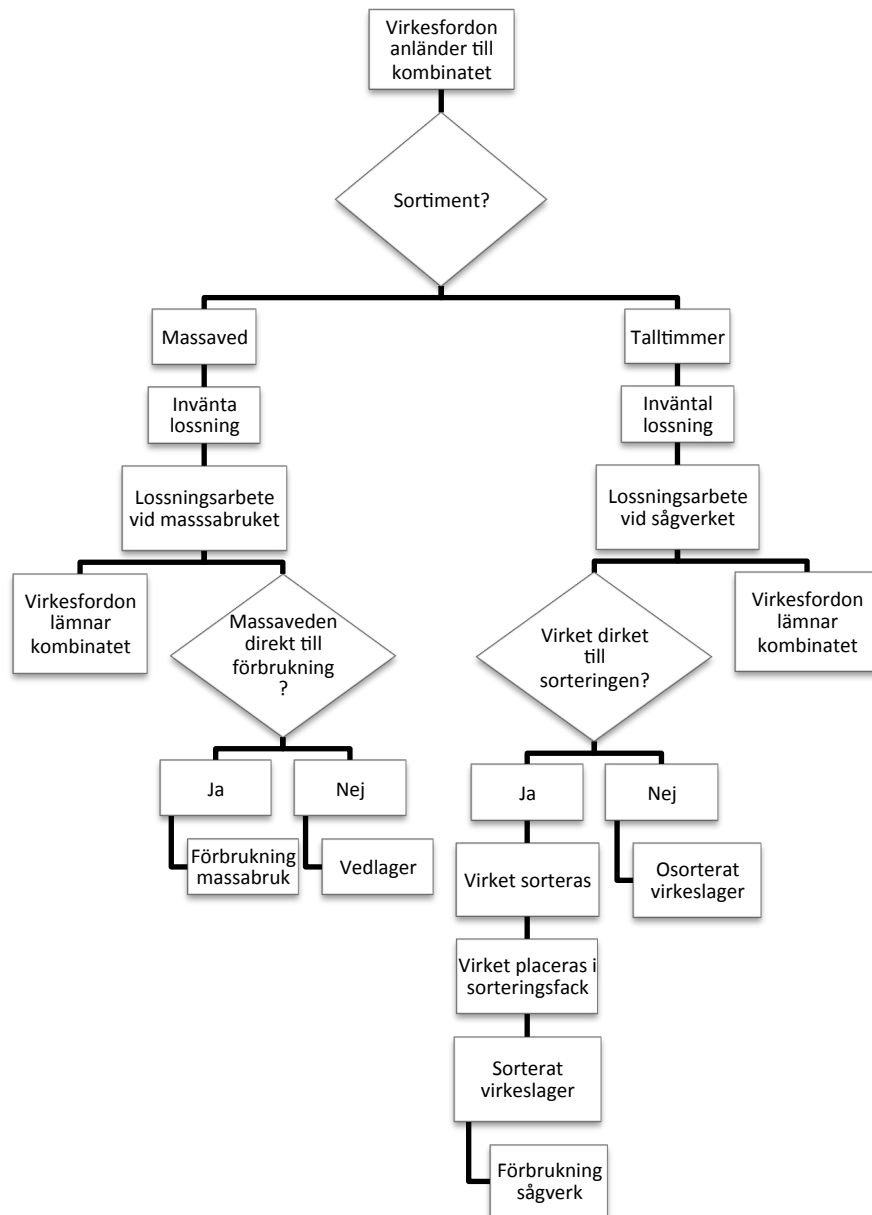


Figur 2. Schematisk bild över kombinatets utseende för en översikt på dess uppbyggnad.

Figure 2. Schematic representation of the integrated mill for an overview of its structure.

Ankommande virkesfordon och virkesflöde

När virkesfordonen ankom till kombinatet passerade de först mätstationen, där de registrerades och vägdes. Beroende på om lasten bestod av massaved eller sågtimmer fortsatte virkesfordonen mot olika köstationer för att invänta lossning av truck. Om lasten bestod av två olika sortiment som både skulle till massabruk samt såg köade den två gånger, både till att bli lossad på massaved vid massabruket och talltimmer vid sågen. Efter lossning lämnade virkesfordonet kombinatet. Då virket lossats och passerat sorteringen vid sågen placerades det i olika fack beroende av dimension. Virket flyttades från facken till ett sorterat vedlager för att sedan användas i förbrukningen. När veden lossats vid massabruket placerades det på en vedgård och sorterades efter sortiment; barmassa, lövmassa och contorta för sig. Veden förflyttades sedan vid behov in till industrin.



Figur 3. Schematisk bild över virkesfordonens rörelser inom kombinatet samt virkesflödet vid massabruk och sågverk.

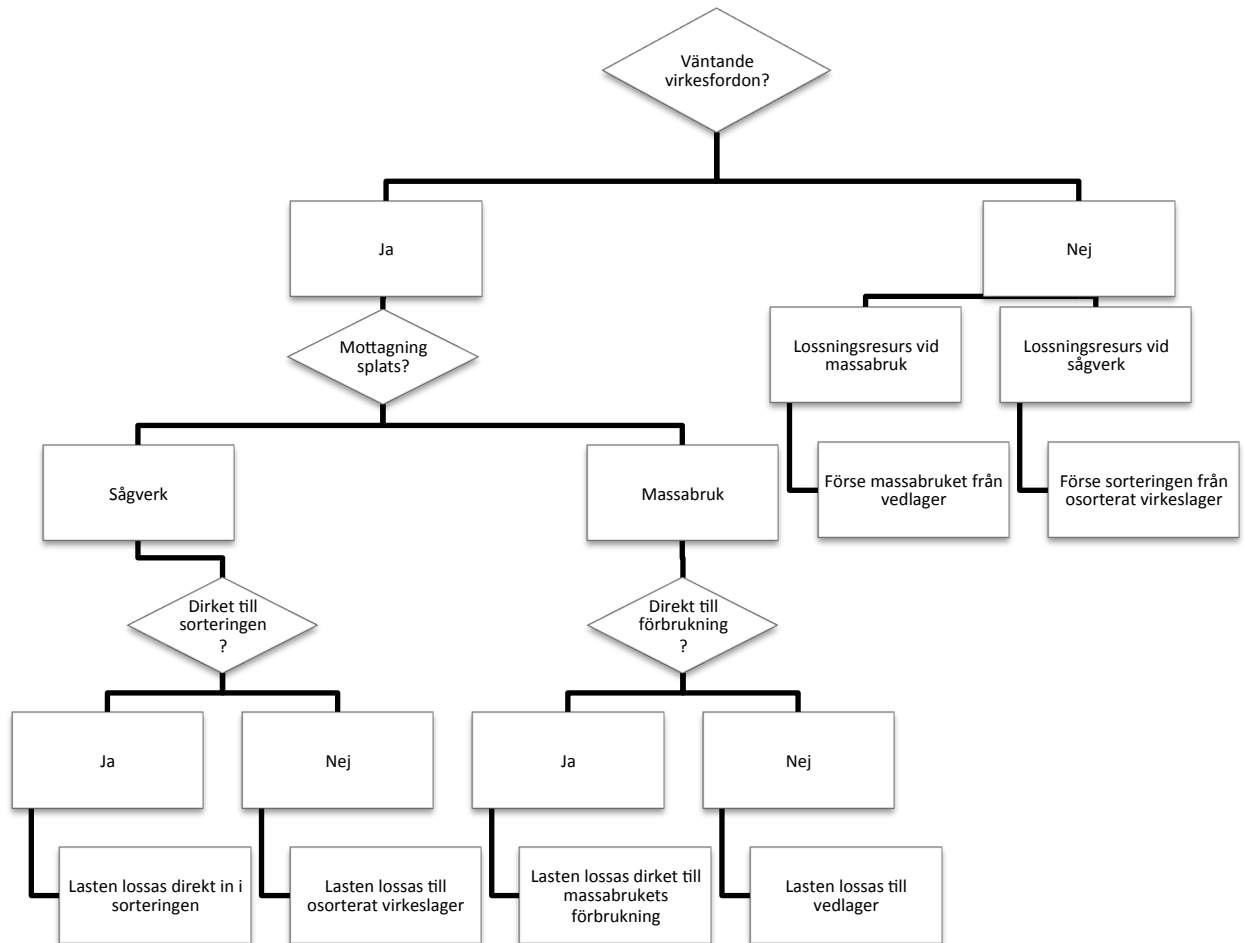
Figure 4. Schematic illustration of the truck movement within the integrated mill and timberflow at the pulp- and sawmill.

Lossningsresurser

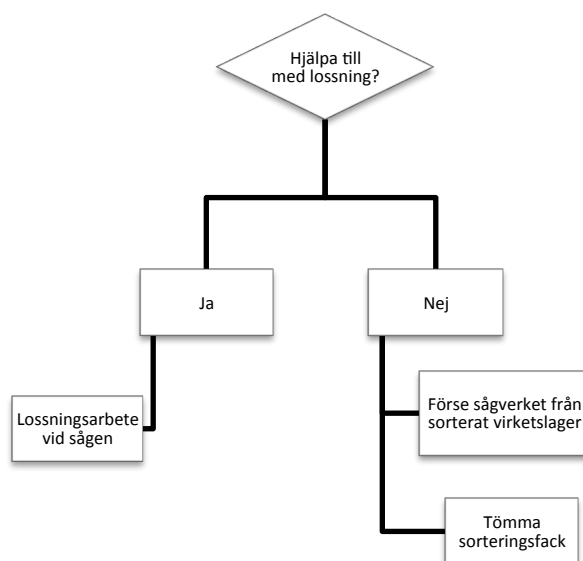
Vid sågen fanns en resurs tillgänglig för lossning. Denna kunde antingen lossa virket direkt på matarbordet till sorteringen eller om matarbordet var fullt lossa mot ett osorterat vedlager. Denna lossningstruck såg till att sorteringen inte gick tom. När det inte fanns virke att lossa från virkesfordon försåg trucken sorteringen med virke från det osorterade lagret. De andra truckarna på sågen kunde under kortare perioder hjälpa till att lossa.

De sorteringsfack som virket placerades i efter sortering tömdes av en annan truck som flyttade virket till en sorterad vedgård. Från vedgården arbetade en tredje truck med att förse sågen med timmer. Det fanns två truckar som arbetade vid massabruket. Massaveden lossades antingen direkt på matbordet in till massabruket eller till den vedgård som fanns i anslutning

till bruket. De båda truckarna på massabruket hade till uppgift att förse massabruket med massaved.



Figur 4. Beskrivning av truckresursernas arbetsmoment.
 Figure 4. Illustration of truck resource operations.



Figur 5. Arbetsprioritering för de truckar som under kortare perioder kan lossa virkesfordon men vars huvudsakliga arbetsuppgifter var tömning av sorteringsfack eller se till att sågverket inte gick tomt.
 Figure 5. Work Priorities for the trucks that in short periods could unload trucks whose main job was to emptying the sorting tray or make sure that the mill does not go blank.

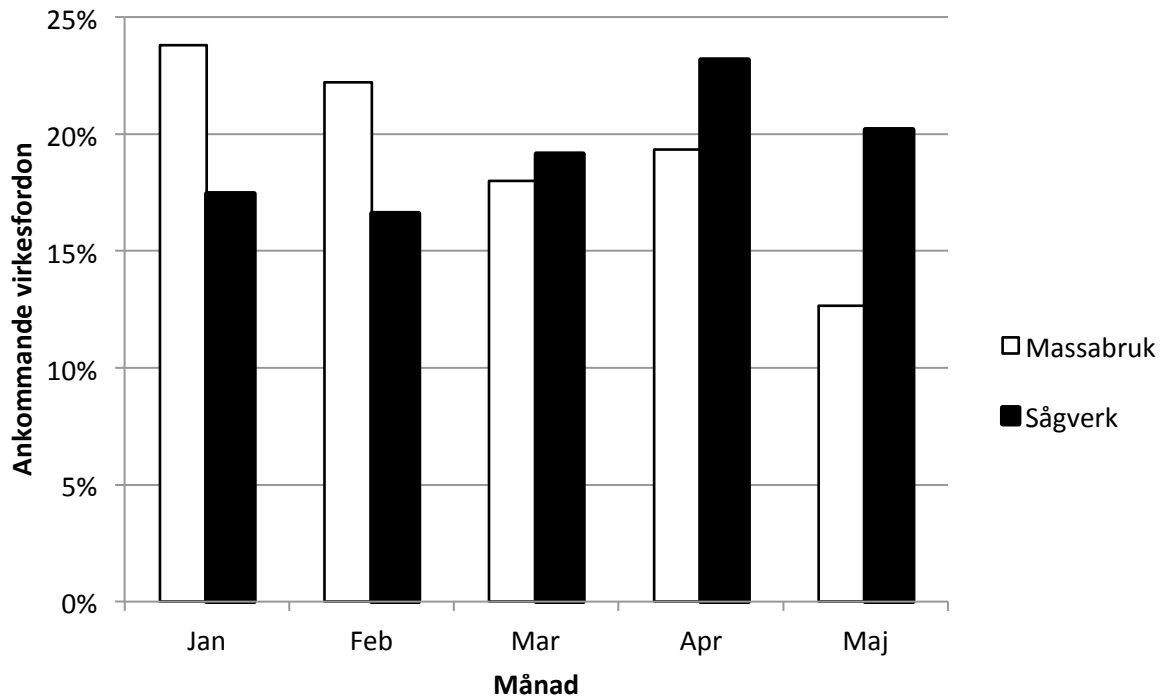
Material

Tabell 1 visar det datamaterial som användes i studien. Materialet tillhandahölls av Holmen AB och kommer från SDC, Skogsbrukets Datacentral, där utsökningen är gjord genom deras system för transportredovisning, TR. På grund av sekretess har siffror som beskriver kombinatet uteslutits. Detaljerad beskrivning av material har därmed inte redovisats.

Tabell 1. Material som användes i studien, från Iggesunds kombinat
 Tabel 1. The data that was used in the study, from Iggesunds integrated mill

Mottagningsplats	Avlämningsdatum	Ankomsttid	Sortiment	Volym	Källa
Såg	2013-01-05 till 2013-06-09	t:mm	Talltimmer	M ³ fub	SDC, TR
Massabruk	2013-01-05 till 2013-06-09	t:mm	Massaved	M ³ fub	SDC, TR

I simuleringen valdes att använda indata från januari, februari och mars månad på grund av säsongsmässiga faktorer. Antal ankommande bilar till sågen och massabruket varierade mellan månader, se figur 6. Vid just denna industri beror skillnaden mellan månaderna till stor del på att sågverket sågar talltimmer. Avverkningstrakter med huvudsak tall är något som avverkas mer under tjällossning då de står på torrare marker.



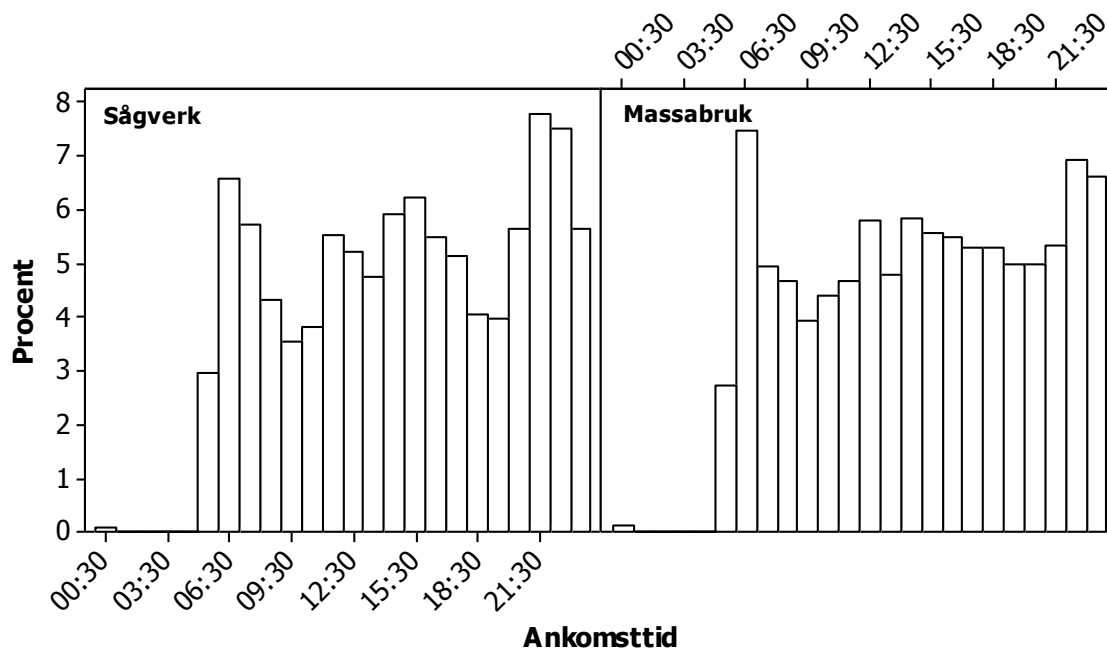
Figur 6. Ankommande virkesfordon till kombinatet i procent per månad.

Figure 6. Arriving trucks to the wafer in percent per month.

En övervägande del av virkesfordon ankommer till kombinatet under vardagar. Simuleringen representerar därför enbart ankommande virkesfordon under vardagar. Simuleringen utfördes över fem arbetsdagar fem gånger.

Virkesfordonens ankomst till kombinatet varierade i täthet beroende av tidpunkt på dygnet som visas i figur 7. Med avseende på indata delades en simuleringsdag upp i flera tidsperioder beroende på ankomsttätheten.

Ankommande virkesfordon i simuleringsmodellen presenterades med en empirisk sannolikhetsfördelning över tid mellan virkesfordonens ankomsttider och kopplades till den tidsperiod på dygnet som fördelningen skulle representera. Indata till massabruket och sågen hanterades separat.



Figur 7. Ankomsttider för de inkommande virkesfordonen till massabruk och sågverk under januari, februari och mars i procent, uppdelat i 60 minuters perioder.

Figure 7. Arrival times for the incoming trucks at the pulp- and sawmill during January, February and March as a percentage, divided into 60-minute periods.

Volymerna hanterades i simuleringen genom att delas upp i travar. Denna förenkling gjordes eftersom arbetsmomentet för en truck att lossa en trave inte skiljer sig tidsmässigt åt om en trave består till exempel 5 eller 17 m³f. Volymer med samma ankomsttid, datum och sortiment slogs samman. Beroende på storleken på den registrerade volymen hanterades det som en, två eller tre travar. Ett virkesfordon med normallängder rymmer totalt tre travar. Registrerade volymer mellan 5 till 17 m³f motsvarade en bil med endast en trave virke, 17 till 34 m³f motsvarade en bil med två travar och 34-51 m³f motsvarade en bil med tre travar. 51 till 68 m³f delades upp som en fullastad bil samt en bil med en trave. 68 till 85 m³f motsvarade en fullastad bil och en bil med två travar. 85 till 102 m³f motsvarade två fullastade bilar som kommer in samtidigt och 102-119 m³f motsvarade två bilar och en bil med en trave.

Hur stor en trave är beror på virkets vikt och lastbilens tjänstevikt. I en tidigare redovisad undersökning av Löfroth, Brunberg och Enström (2008) har timmerbilar olika tjänstevikter beroende på utrustning, vilket ger en nyttolast mellan 38-43 ton räknat på dagens tillåtna bruttovikt på 60 ton, 4 kap. 12§ trafikförordningen (1998:1276). I en studie av typfordon för rundvirkestransporter (Andersson, 2014) har typfordonen inom Iggesund regionen för Holmen i avståndsklassen för medelavstånd till industri en taravikt inom intervallet 18,7-23,5 ton. Enligt Wilhelmsson och Moberg (2004) skiljer sig virkets råvolymvikt beroende på fukthalt efter årstid, uttorkning och träslag. Ett medel på de fem undersökta sortimenten gav 843,4 kg/m³fpb för färskt virke. Ett virkesfordon som kan lasta 43 ton och är lastad med virke som har en densitet på 843,4 kg/m³ rymmer då 51 m³f, vilket ger 17 m³f per trave. Detta användes som max m³f per trave i denna studie.

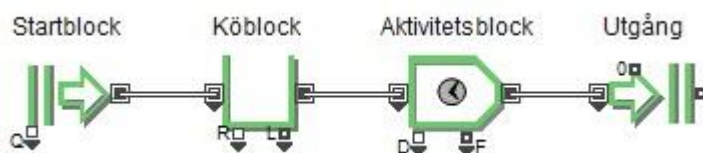
Truckresursernas kapacitet användes i simuleringen genom att omvandla m3f/timmen till tid för en resurs att hantera en trave. Beroende av antal travar per bil, som varierade mellan en till tre, varierade tiden att lossa ett fordon som visas i tabell 2.

Tabell 2. Tid för lossningsresurs att lossa ett virkesfordon med en, två eller tre travar
Tabel 2. Time for unloading resource to unload a truck with one, two or three piles

Antal travar	Tidsåtgång lossning
1	2,55 min
2	5,2 min
3	7,65 min

Simuleringsmodellen

Som figur 8 visar är simuleringsmodellen uppbyggd av start-, kö- och aktivitetsblock. Startblocken genererade inkommande virkesfordon eller volymer och kopplades till den tidsperiod på dygnet som fördelningen skulle representera.



Figur 8. Simuleringsmodellens uppbyggnadsdelar.
Figure 8. The simulation model's structure parts.

Kö- och aktivitetsblocken representerade olika företeelser beroende på vart i modellen de var placerade. Exempel på köblock var blocket som motsvarade den sorterade vedgårdens som kunde hålla oändligt antal virkestravar. Aktivitetsblocken begränsade flödet då en enhet passerade genom blocket. Denna typ av block användes för att motsvara en process av traven, exempelvis lossning av virkesfordon eller sortering av veden. Det var denna fördröjning som kunde orsaka flaskhalsar i simuleringen. Fördröjningen i blocken baserades på antal virkestravar aktiviteten i verkligheten kunde hålla, tiden att processa enskild trave samt antal resurser i aktiviteten. Antalet resurser kunde vara tillgängliga truckkapaciteter och det var dessa som ändrades vid de olika alternativen. Prioriteringar lades in för att styra i vilken ordning truckkapaciteterna valde att arbeta.

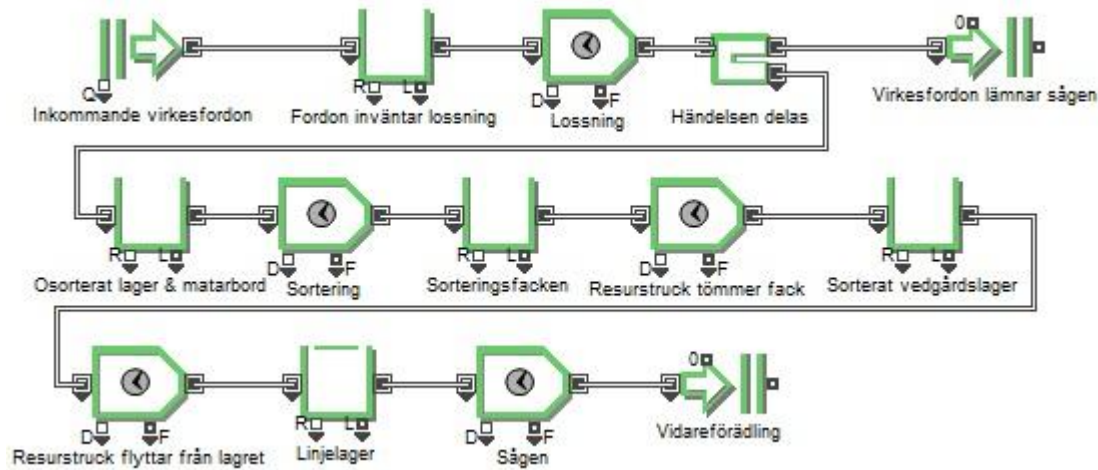
I simuleringsprogrammet fanns så kallade Plotterblock som var kopplade till de köblock där virkesfordonen inväntade en lossningsresurs. Från Plotterblocken registrerades historik om enheternas kötider.

Tabell 3. Innebörden av alternativen
Tabel 3. The meaning of the different alternatives

Alternativ 1	Efterliknar kombinatet med avseende på antal och fördelning av truckresurser
Alternativ 2	Lossningstruck togs bort från massabruket. Truckresurser från sågen hjälper till med lossning vid behov
Alternativ 3	Lossningstruck togs bort från massabruket. Ingen hjälp från sågens truckresurser

Alternativ 1, nuvarande antal och fördelning av truckresurser

Det första alternativet skapades för att efterlikna kombinatets utseende med avseende på antal och fördelning av lossningsresurserna.

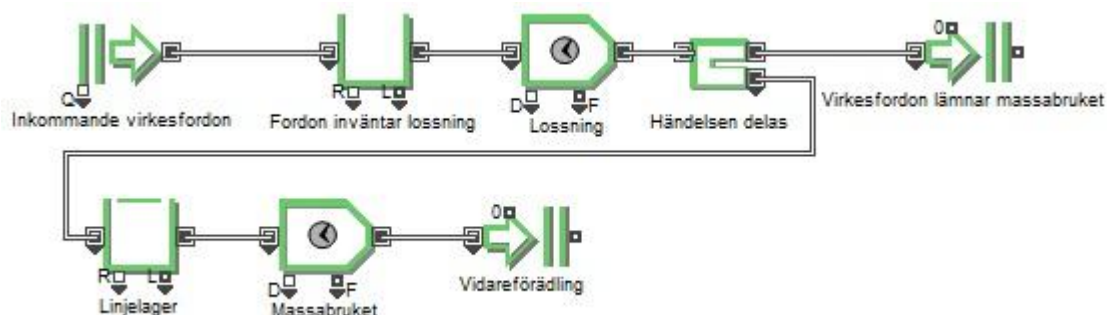


Figur 9. En förenkling över modellens komponenter som påvisar flödet vid sågverket.

Figure 9. A simplification of the model's components, demonstrating the flow at the sawmill.

Två separata flöden programmerades, ett för massabruket och ett för sågverket. Startblocken genererade inkommande virkestransporter beroende av fördelning och tid på dygnet. För att simulera att virkesfordonen inväntade lossning skapades två köblock, ett för varje flöde inom såg och massabruk. Det var dessa två köblock som var intressanta för denna studie.

Då en lossningsresurs fanns tillgänglig kunde det virkesfordon som befann sig i köblocket fortsätta vidare i flödet. När fordonet lossats från sin last separerades händelsen, fordonet lämnade modellen och lasten placerades i det block som motsvarade det osorterade vedlagret och matarbordet. Nästkommande block representerade sorteringen. De travar som passerade blocket placerades i ett köblock, sorteringsfacken, och truckresursen som tömde facken motsvarades av ett aktivitetsblock. Då travarna hanterats i aktivitetsblocket fortsatte de till det sorterade vedlagret, ytterligare ett köblock. Den truckresurs som hanterade travar från det sorterade vedlagret till sågens linjelager visades som ett aktivitetsblock. Det sista aktivitetsblocket representerar såglinjen och därefter lämnar travarna simuleringen.



Figur 10. En förenkling över modellens komponenter som påvisar flödet vid massabruket.

Figure 10. A simplification of the model's components, demonstrating the flow at the pulp mill.

När enheten, virkesfordonet, skapats i något av startblocken vid massabruket anlände den till ett köblock för att invänta tillgänglig lossningsresurs i nästa block. Lossningsarbetet motsvarades av ett aktivitetsblock och enheten delades därefter till två händelser. Veden fortsatte till ett köblock, vedlagret, varav fordonet lämnade simuleringen.

Det sista blocket representerade massabruket med en fördröjning av flödet baserat på antal travar den maximalt kunde hålla samt hur många den hanterade per tidsenhet.

Alternativ 2, med lossningssamarbete

Vid simuleringen av alternativ två ändrades antal tillgängliga lossningsresurser samt var och hur de prioriterar att arbeta. Blockens placering i modellen ändrades inte.

Förändringen innebar att en lossningsresurs på massabruket togs bort. Via prioritering gjordes det möjligt för truckkapaciteter från sågen att vara behjälpliga för lossning av massaved då dessa stod sysslösa. Den lossningsresurs som hade till uppgift att lossa vid sågverket togs inte med i denna prioritering eftersom det alltid bör finnas en truck tillgänglig för lossning av timmer och matning till sorteringen.

Alternativ tre, utan lossningssamarbete

Vid denna simulering ändrades lossningsresurserna för att ytterligare validera modellen. Endast en lossningstruck var tillgänglig vid massabruket, som vid alternativ två. Vid detta alternativ var dock ingen av resurserna vid sågen behjälplig med lossning vid massabruket.

Kalibrering av modell

För att bekräfta att modellen inte innehöll buggar eller andra typer av fel användes programmets animering kontinuerligt under programmeringens arbetsgång. På detta sätt tydliggjordes buggar och andra typer av felkällor snabbt.

Körningar av de tre alternativen utfördes som tidigare påpekats fem gånger per alternativ, totalt 15 körningar. Alternativen formaterades sedan med en kalibrering för att motsvara den genomsnittliga kötiden för virkesfordonen idag med en median på fem minuter (J. Auselius, 24 april 2014). För att kalibrera simuleringsmodellen infördes ett påslag för lossningstid, tiden att hantera en, två eller tre travar, för truckresurserna vid sågverk och massabruk.

Tabell 4. Tid för lossningsresurs att lossa ett virkesfordon med en, två eller tre travar med kalibrerade tider

Tabel 2. Time for unloading resource to unload a truck with one, two or three piles with calibrated times

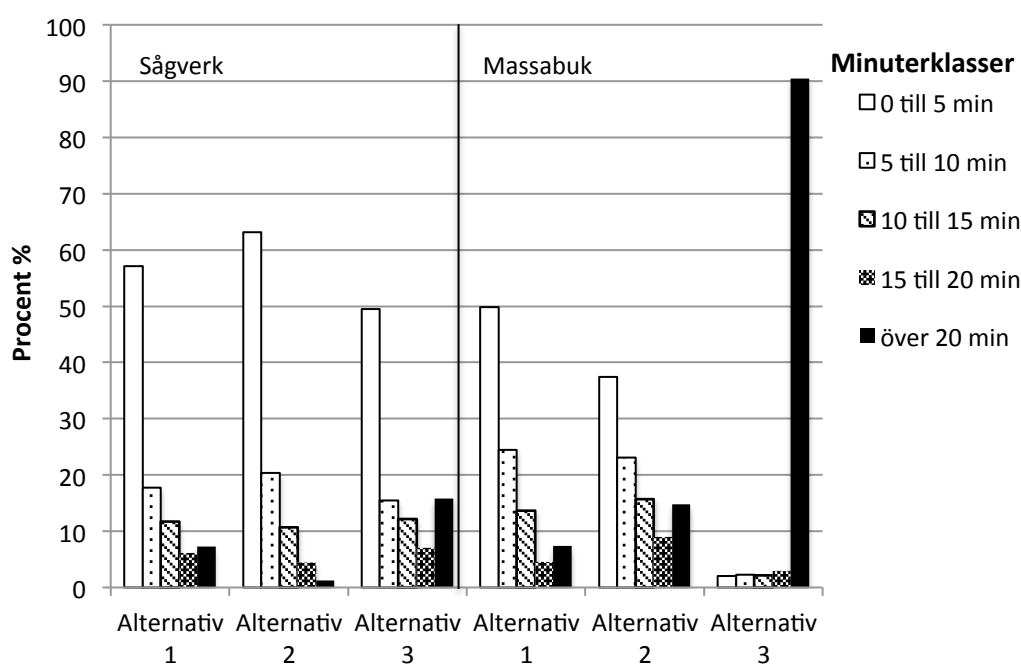
Antal travar	Tidsåtgång lossning
1	5 min
2	10 min
3	15 min

För att se effekten av ett påslag för lossningstid simulerades även ett resultat utan kalibrering, det vill säga inget påslag för lossningstid gjordes.

Resultat

Alternativ ett i simuleringen motsvarade den nuvarande uppbyggnaden av kombinatet och utdatat användes därför som riktmärke och utgångspunkt för analysen.

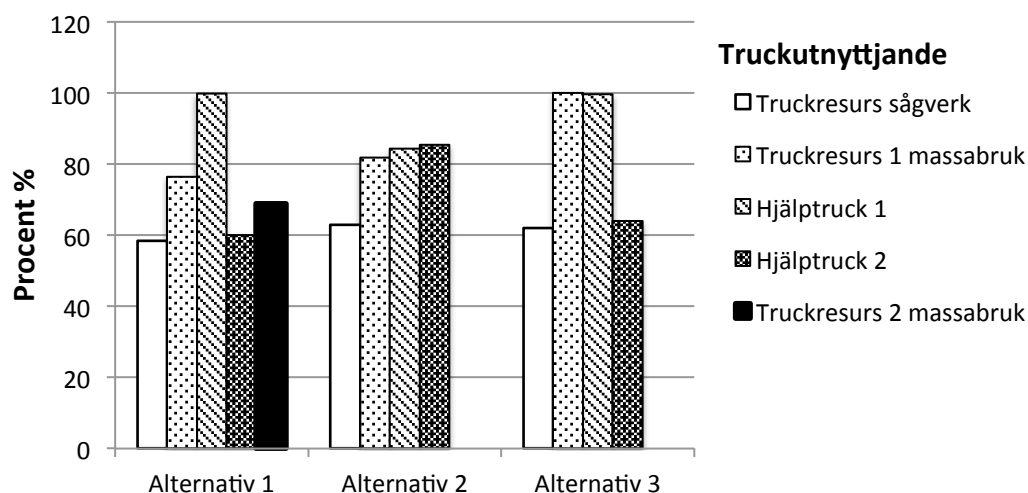
Figur 11 visar resultat vid kalibrering med ett tidspåslag för lossning motsvarande den verkliga medianen för kötider för virkesfordon inför lossning. Den visar hur andelen väntande fordon vid sågverket och massabruket ändras vid de olika alternativen. Alternativ två, som innebär att en truck försvinner från massabruket, ger en ökning av andelen fordon som köar mer än 15 minuter vid massabruket. Samtidigt minskar andelen bilar som köar mellan 0 till 5 minuter. Vid alternativ tre påverkas kötiderna markant av att ingen lossnings hjälp från sågverket simulerades. Vid sågen sker en ökning av andelen fordon som köar mellan 0 till 5 minuter samt en minskning av fordon som köar mer än 20 minuter.



Figur 11. Procentsats av virkesfordon som inväntar lossning mellan 0- 5, 5- 10, 10- 15, 15- 20 eller över 20 minuter.

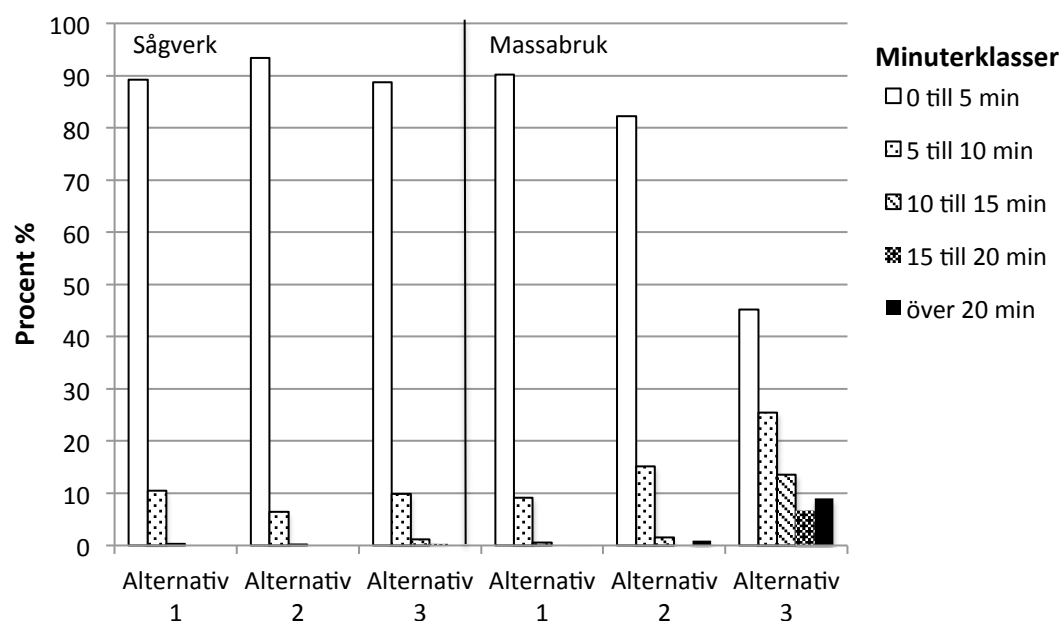
Figure 11. Percentage of trucks waiting for unloading between 0- 5, 5- 10, 10- 15, 15- 20 or over 20 minutes.

Figur 12 visar truckutnyttjandet vid en kalibrering för alternativ ett, två och tre. Truckresurs 1 på massabruk får ett utnyttjande på 100 procent vid alternativ tre. En viss antydning till höjning av utnyttjandet ses också vid alternativ två jämfört med alternativ ett. Hjälptruck 1 får ett lägre utnyttjande vid alternativ två då det simulerats att den även hjälper till med lossning vid massabruket. Hjälptruck 2 skiljer sig inte visuellt i skillnad vid alternativ ett och tre i utnyttjande. Vid alternativ två höjs denna trucks utnyttjande då det simulerats att den hjälper till med lossning vid massabruket. Truckresurs 2 massabruk simulerades endast i alternativ ett.



Figur 12. Truckutnyttjande för kombinatets truckresurser i procent.
 Figure 12. Resources utilization in percent.

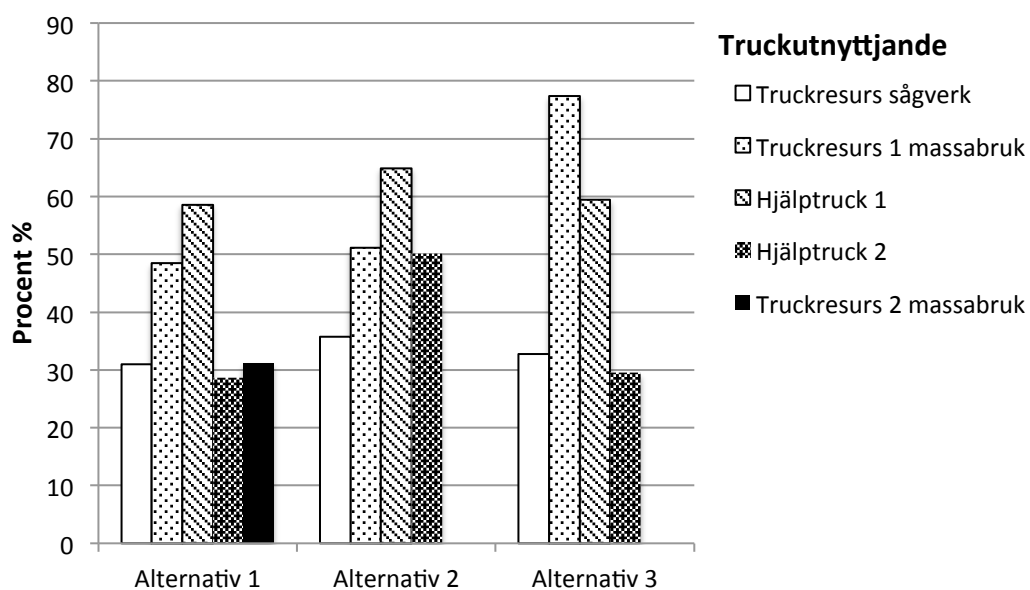
Figur 13 visar resultat vid körningar utan kalibrering med tilläggstid. Andelen fordon som körar 0 till 5 minuter är enligt simuleringen mellan 80% och 90% vid alla alternativ förutom vid alternativ 3 för massabruket. Där är andelen som körar mellan 0 till 5 minuter ca. 45% och andelen som körar över 10 minuter betydligt högre än vid de andra alternativen.



Figur 13. Procentsats av virkesfordon som inväntar lossning mellan 0- 5, 5- 10, 10- 15, 15- 20 eller över 20 minuter, utan kalibrering.
 Figure 13. Percentage of trucks waiting for unloading between 0 to 5, 5 to 10, 10 to 15, 15 to 20 and over 20 minutes without calibration.

Figur 14 visar hur truckutnyttjandet förändras vid de olika alternativen i figur 13. Hjälptruck 1 och 2 ökar sin procentuella användning mellan alternativ 1 och 2. Truckresurs 1 på

massabruket ökar bara sitt utnyttjande marginellt. Alternativ tre ger en markant ökad användning av truckresurs 1.



Figur 14. Truckutnyttjande för kombinatets truckresurser i procent, utan kalibrering.
Figure 14. Resources utilization in percent without calibration.

Diskussion

Resultat kötider

Studiens syfte var att genom simulering kvantifiera effekten av en omfördelning i lossningsresurser med avseende på kötider för virkesfordon som ankommer till virkesmottagningen vid kombinatets massabruk och såg. En känslighetsanalys utfördes genom att kalibrera kötiderna efter en median på fem minuter, motsvarande dagens kombinat. Detta gjordes för att utröna om väntetider och truckutnyttjande skiljde sig åt vid en simulering där truckutnyttjandet baserades enbart på truckkapaciteter. Resultatet visade att en förändring i kötider för anländande virkesfordon inträffar vid en omfördelning och effektivisering av truckresurserna vid kombinatet.

Som figur 11 visar ökar andelen virkesfordon som inväntar lossning vid massabruket i mer än 15 minuter vid minskning av en truckresurs. Samtidigt ökar truckutnyttjandet av hjälptruck 2 vilket kan ses som en kompensation av att en truck försvinner. Vid alternativ tre kommer kötiderna att påverkas drastiskt om en lossningsresurs skulle tas bort utan lossningshjälp från sågverkets resurser. Det visar att det inte räcker med en resurs på massabruket, det finns behov för ytterligare resurser. Vid sågverket kan den låga andel väntande fordon över 20 minuter i alternativ två vara en slump. Alternativ tre vid sågverket fick, tycker vi, ett märkligt utfall. Detta alternativ borde vara likt alternativ ett då inget ändras i alternativ tre som borde påverka sågverkets kötider. Detta kan också vara en slump. Fler körningar hade eventuellt jämnat ut detta.

Truckresursen som tömmer sorteringsfacken och den truck som förser sågverket med virke visar på två helt olika förändringar i utnyttjande vid alternativ två i figur 12 då dessa fanns tillgängliga för lossning vid massabruket. Detta kan bero på att truckresursen som tömmer sorteringsfacken har som andraprioritet att hjälpa till med lossning vid massabruket och tredje prioritet att hjälpa med lossning vid sågen, första prioritet är att tömma sorteringsfacken. Massabrukets enda resurs vid alternativ tre visar att den utnyttjas 100 procent. Detta visar också att ytterligare behov av resurser krävs vid massabruket.

Det påträffades inte liknande studier att jämföra resultatet med. En intressant aspekt är om det skulle ge likande resultat vid andra kombinat.

Studiens utförande

I tidigare studier av Arnäs (2003), Dogan et al. (1996), Beaudin et al. (2013), Poudsiunas och Fjeld (2008) kunde metodvalet styrkas. ExtendSim User Guide (2007) belyser att en styrka med användandet av en simuleringsmodell är att den kan modelleras så att den liknar verkligheten. I denna studie har det samtidigt uppfattats som en svaghet att det inte speglar verkligheten till hundra procent.

Det bör även påpekas att simuleringen utfördes med data från vinterhalvåret, månaderna januari, februari och mars. Kötiderna kan därmed se annorlunda ut vid en annan tid på året, figur 6.

Förenklingar av verkligheten i modellen kan ha påverkat resultatet av kötidernas längd. Att volymerna lagts ihop och delats till travar och inte hanterats som enskild kubik kan ha påverkat tiden för lossning. Vi ansåg dock att det var det lämpligaste sättet att bearbeta

materialet på. Enskilda volymer kan hanteras i det valda simuleringsprogrammet genom att använda medel eller sannolikhetsfördelningar över hur stora lassen är. Datamaterialet gjorde det naturligt av flera anledningar att dela upp volymerna i travar. Syftet med studien var inte att se hur mycket volym som kommer in via virkesfordon.

Truckresursernas tid att genomföra ett arbete har i modellen enbart beräknats efter deras kapacitet. Eftersom de förflyttar sig med virket mellan olika delar av kombinatet kan det vara missvisande att endast använda sig av truckarnas kapacitet. Genom att kartlägga truckarnas tillgänglighet mer exakt samt tiden det tar för dem att förflytta sig mellan stationer skulle det kunna ge mer korrekta kötider för virkesfordon.

Vid kalibrering av modellen ändrades tiden för lossning. Tiden för lossning avvek därmed från vad som ansågs vara medianen för tidsåtgången för lossning, enligt J. Auselius (24 april, 2014). I modellen är truckresurserna igång under hela dagen, inga raster inräknade.

Kalibrering av simuleringsmodellen gjordes för att justera modellen efter verkligheten. Detta påslag skulle på så vis motsvara den tid för truckresursen som den inte arbetar med att utföra tilltänkt arbetsuppgift. Detta kunde exempelvis vara förflyttning över kombinatet med och utan last, raster och skift för truckförarna samt andra händelser som i modellen inte kunde tas i beaktande. Ett alternativ till kalibrering hade varit att lägga till skift för truckresurserna med raster för att få ett mer tillrättavisande median av kötider. Det kanske även hade givit en annat utfall på utnyttjandegraden för resurserna. Detta kunde inte göras då vår licens för simuleringsprogrammet begränsades av ett endast ett visst antal block kunde användas.

Slutsatser

Resultatet visade att en förändring i kötider för ankommande virkesfordon inträffar vid en omfördelning och effektivisering av truckresurserna vid kombinatet.

Studien är en spetskompetens inom Iggesunds kombinat. Därför kan kanske inte resultatet tas i akt vid andra industrier. Samma studie på en annan industri skulle ge ett annat utfall då kapaciteter, resurser och flöden skiljer sig åt mellan industrier. Det skulle vara intressant att göra en pararell studie på en annan industri skulle tydliggöra om det finns en skillnad vid förändring av tillgängliga resurser och stärka resultatet från denna studie.

Utifrån denna studie finns potential att i framtiden vidareutveckla modellen för att få mer tillförlitliga resultat och se på andra eventuella effekter samt kanske eventuell effektivisering. En utveckling av modellerandet för truckutnyttjande genom tidsåtgång för förflyttning och skift skulle kunna göras för att efterlikna verkligheten så mycket som är möjligt.

Referenser

- Andersson, E. (2014). *Förekomst av typfordon för rundvirkestransport med avseende på geografiska förhållanden*. (Examensarbete inom jägmästarprogrammet) SLU Umeå.
- Arnäs, P.O. (2003). The uses of object-oriented methods in logistics and transportation research. In NOFOMA (pp. 541-555). Oulu, Finland.
- Backman, J. (2008). *Rapporter och uppsatser (2 uppl.)*. Lund: Studentlitteratur.
- Beaudoin, D., Lebel, L., Soussi, MA. *Discrete Event Simulation to Improve Log Yard Operations*. CIRRELT-2013-16, INFOR, 50(4)/2012, 175-185, 2013.
- Dogan, CA., McClain, TF. & Wicklund, SA. (1997). Simulation modeling and analysis of a hardwood sawmill. *Simulation Practice and Theory, Vol.5(5)*, 387-403
- ExtensSim User Guide*. (2007) Imagine That Inc.
- Löfroth, C., Brunberg, T., & Enström, J. (2008). Virkesfordon drog i snitt 5,5 liter diesel per mil. Resultat nr 12 2008. Skogforsk.
- Puodziunas, M., Fjeld, D. (2008). Roundwood Handling at a Lithuanian Sawmill - Discrete-event Simulation of Sourcing and Delivery Scheduling. *Baltic Forestry, Vol.14(2)*, 163-175
- SFS 1998:1276. *Trafikförordningen*. Stockholm: Näringsdepartementet.
- Stridberg, E. & Mattsson, L. (1980). *Skogen genom tiderna*. AB Boktryck, Helsingborg 1980.
- Utterström, G. (1985). *Iggesunds bruks historia 1685-1985 Del 1*. Ljungföretaget i Örebro AB
- Utterström, G. (1985). *Iggesunds bruks historia 1685-1985 Del 2*. Ljungföretaget i Örebro AB
- Wilhelmsson, L. & Moberg, L. (2004). Viktsutredning – råvolymvikter, (Arbetsrapport 569) Skogforsk.

Personlig kommunikation

- J. Auselius (personlig kommunikation, 24 april, 2014).

